

## 종속적 준비시간을 갖는 다단계 그룹가공 생산시스템에서의 그룹스케줄링에 관한 연구

### On the Multi-Stage Group Scheduling with Dependent Setup Time

황 문 영\*

#### Abstract

Group scheduling, which is a kind of operations scheduling based on the GT concept, is analyzed in a multi-stage manufacturing system.

The purpose of this research is to develop and evaluate a heuristic algorithm for determining group sequence and job sequence within each group to minimize a complex cost function, i.e. the sum of the total penalty cost for tardiness and the total holding cost for flow time, in a multi-stage manufacturing system with group setup time dependent upon group sequence. A heuristic algorithm for group scheduling is developed, and a numerical example is illustrated. For the evaluation of the proposed heuristic algorithm, the heuristic solution of each of 63 problems is compared with that of random scheduling. The result shows that the proposed heuristic algorithm provides better solution in light of the proposed cost function.

#### 1. 서 론

GT (Group Technology)의 이용율이 높아져 감에 따라 GT 개념이 도입된 그룹가공 생산시스템에서의 그룹 스케줄링(GS: Group Scheduling)에 대한 연구가 활발히 진행 되어가고 있다. 그러나 대부분의 연구들은 총 처리시간(make-span)의 최소화, 평균처리시간(mean flow time)의 최소화, 또는 총 순수납기지연(total tardiness)의 최소화 등과 같은 시간적 측면만을 고려한 최적화기준(optimality criteria)에 중점을 두고 있었다.

J.N.D. Gupta와 R.A. Dudek의 일반적인 흐름생산체계에 대한 연구에 따르면 현재 이용되고 있는 여러가지 시간적 측면의 최적화기준을 만족시키는 스케줄링 기법들은 생산 시스템에서 발생되는 비용요소들을 고려한 새로운 최적화기준을 만족 시키지 못하고 있어 효율적이지 못하므로, 비용요소를 고려한 새로운 최적화 기준에 맞추어 스케줄링 문제를 재구성 하여야 한다고 강조하고 있다.[4] 따라서, 본 연구의 목적은 그룹스케줄링 문제를 기존의 시간적 측면의 문제에서 비용을 고려한 문제로 재구성하고, 그에 대한 근사최적해를 구하는 발견적기법을 제안하는데 있다.

---

\* 동국대학교 산업공학과 대학원

## 2. 다단계 생산시스템에서의 GS 문제

### 2.1 GS 문제의 제안

본 연구에서는 다단계 생산시스템에 있어서, 그룹의 준비시간은 그룹가공순서에 따라 상이하  
다는 일반적 전제 하에서 납기지연에 대한 지연비용과 작업장 내에서 부품의 유지비용을 고려하  
여 순수납기지연에 대한 총 연체비용 (total penalty cost for tardiness) 과 총 유지비용(total h  
olding cost for flow time)의 합을 최소화하는 그룹스케줄링 문제에 대한 분석 및 근사최적해를  
구하는 발견적기법을 제안하고, 간단한 수치계산예를 들어 설명한다.

본 연구에서 제안하는 발견적기법은 다음과 같은 원칙에 따라 작업순위결정규칙(job dispat-  
ching rule)이 구성되었다.

- (1) 작업의 처리순위 결정에는 L. Gelders와 N. Sambamdam이 흐름생산 시스템의 일정계획  
에서 제안한 동적 작업순위결정규칙(dynamic job dispatching rule)을 그룹가공 생산시스  
템에 적합하게 적용한다.[3]
- (2) 기계유휴시간(machine idle time)이 최소가 되도록하여, 작업별 소요시간(flow time)을 최  
소화 한다.
- (3) 작업장 내에서 부품유지비용(holding cost)이 많이 소요되는 부품의 가공에 우선순위를  
둔다.
- (4) 납기지연 발생 가능성의 상대적 평가척도 값이 큰 부품의 가공에 우선순위를 둔다.
- (5) 납기지연 발생시 연체비용(penalty cost)이 많이 소요되는 작업에 우선순위를 둔다.

### 2.2 전제 조건

제안된 그룹 스케줄링문제에 대한 수학적 모형을 설정하기 위해 다음의 전제조건을 제시한다.

- (1) N개의 부품(또는 작업,Job)이 GT개념에 의해 M개의 그룹으로 분류된다.(단,  $M \ll N$ )
- (2) 생산공정은 다단계로서 K대의 기계로 구성되고, 각 기계의 고장은 없다고 가정한다.
- (3) 모든 작업은 시각 0 에서 시작이 가능하다.(simultaneously available)
- (4) 가공중인 부품은 가공이 끝날때 까지 기계에서 제거되지 않는다.(no preemption)
- (5) 모든 기계에서 그룹 및 그룹내 부품의 가공순서는 동일하고 (No Passing), 각 단계에서  
는 한 그룹내의 모든 작업이 완료된 후에 다음 순서의 그룹에 속하는 작업을 시작할 수  
있다.
- (6) 부품의 가공준비시간은 그룹준비시간(group set-up time)으로 묶여지고기타 각 작업별  
준비시간은 부품의 가공시간(processing time)에 포함되어 있다고 가정한다.
- (7) 그룹 가공시간(group processing time)은 그룹준비시간(group set-up time)과 그 그룹에  
속한 모든 부품의 가공시간의 합으로 주어지며,그룹준비시간은 그룹순서에 대해 종속적  
(dependent)이다. (표 1.)
- (8) 각 단계에서의 각 부품의 가공시간(processing time), 납기(due-date),납기지연시의 연체  
비용(penalty-cost) 및 작업장 내에서의 부품유지비용(holding cost)이 주어져 있다. (표  
2.)
- (9) 스케줄의 평가기준은 납기지연에 대한 총 연체비용 과 총 유지비용의 합으로 된다.

이상의 전제조건 하에서 주어진 문제는 다단계 생산의 그룹 스케줄링 문제에서 모든 작업의 납  
기지연에 대한 연체비용과 작업장 내에 체류하고 있는 시간에 대한 유지비용의 합계를 최소화 하  
는 문제이다.

표 1. 그룹 준비시간

Group	Stage	1				2				.....	K			
From(r)	To(i)	1	2	...	M	1	2	...	M	.....	1	2	...	M
1		$S_{11}^1$	$S_{12}^1$	...	$S_{1M}^1$	$S_{11}^2$	$S_{12}^2$	...	$S_{1M}^2$	.....	$S_{11}^K$	$S_{12}^K$	...	$S_{1M}^K$
2		$S_{21}^1$	$S_{22}^1$	...	$S_{2M}^1$	$S_{21}^2$	$S_{22}^2$	...	$S_{2M}^2$	.....	$S_{21}^K$	$S_{22}^K$	...	$S_{2M}^K$
.	.	.	.	...	.	.	.	...	.	.....	.	.	...	.
.	.	.	.	...	.	.	.	...	.	.....	.	.	...	.
M		$S_{M1}^1$	$S_{M2}^1$	...	$S_{MM}^1$	$S_{M1}^2$	$S_{M2}^2$	...	$S_{MM}^2$	.....	$S_{M1}^K$	$S_{M2}^K$	...	$S_{MM}^K$

주 : (1)  $S_{ri}^k$  : 기계 k에서 그룹 r 다음에 그룹 i가 올 경우의 그룹i의 준비시간

(2)  $S_{jj}^k$  : 기계 k에서 그룹 j가 처음에 올 경우의 그룹 준비시간

표 2. 부품별 가공시간, 납기, 연체비용, 유지비용

Group	1				2				.....	M				
Job	$J_{11}$	$J_{12}$	...	$J_{1n1}$	$J_{21}$	$J_{22}$	...	$J_{2n2}$	.....	$J_{M1}$	$J_{M2}$	...	$J_{MnM}$	
Proc. Time	$P_{11}^k$	$P_{12}^k$	...	$P_{1n1}^k$	$P_{21}^k$	$P_{22}^k$	...	$P_{2n2}^k$	.....	$P_{M1}^k$	$P_{M2}^k$	...	$P_{MnM}^k$	
Stage	1	$P_{11}^1$	$P_{12}^1$	...	$P_{1n1}^1$	$P_{21}^1$	$P_{22}^1$	...	$P_{2n2}^1$	.....	$P_{M1}^1$	$P_{M2}^1$	...	$P_{MnM}^1$
	2	$P_{11}^2$	$P_{12}^2$	...	$P_{1n1}^2$	$P_{21}^2$	$P_{22}^2$	...	$P_{2n2}^2$	.....	$P_{M1}^2$	$P_{M2}^2$	...	$P_{MnM}^2$
	.	.	.	...	.	.	.	...	.	.....	.	.	...	.
	K	$P_{11}^K$	$P_{12}^K$	...	$P_{1n1}^K$	$P_{21}^K$	$P_{22}^K$	...	$P_{2n2}^K$	.....	$P_{M1}^K$	$P_{M2}^K$	...	$P_{MnM}^K$
Due-date	$d_{11}$	$d_{12}$	...	$d_{1n1}$	$d_{21}$	$d_{22}$	...	$d_{2n2}$	.....	$d_{M1}$	$d_{M2}$	...	$d_{MnM}$	
Penalty-Cost	$W_{11}$	$W_{12}$	...	$W_{1n1}$	$W_{21}$	$W_{22}$	...	$W_{2n2}$	.....	$W_{M1}$	$W_{M2}$	...	$W_{MnM}$	
Holding-Cost	$h_{11}$	$h_{12}$	...	$h_{1n1}$	$h_{21}$	$h_{22}$	...	$h_{2n2}$	.....	$h_{M1}$	$h_{M2}$	...	$h_{MnM}$	

2.3 문제의 수학적 모형

2.3.1. 부 호 설 명

- $i$  : 그룹 인덱스(index) ( $i = 1,2,3,\dots,M$ )
  - $j$  : Job (또는 부품가공)의 인덱스 ( $j = 1,2,\dots,n_i$ , for any group)
  - $k$  : 기계(또는 단계)의 인덱스 ( $k = 1,2,3,\dots,K$ )
  - $M_k$  :  $k$ 번째 기계 또는 단계
  - $G_i$  : 그룹  $i$
  - $J_{ij}$  : 그룹  $i$ 의 Job  $j$
  - $p_{ij}^k$  : 기계  $k$  에서의  $J_{ij}$ 의 가공시간
  - $S_{ri}^k$  : 기계  $k$  에서 그룹  $r$  이후 그룹  $i$  가 올 경우의 그룹준비시간
  - $C_{ij}^k$  : 기계  $k$  에서  $J_{ij}$ 의 가공완료시간
- 이때,  $C_{ij}^k (= C_{ij}^k)$ 는 마지막 기계에서  $J_{ij}$ 의 가공완료시간
- $Q_i^k$  : 기계  $k$  에서 그룹  $i$ 의 가공시간
  - $d_{ij}$  :  $J_{ij}$ 의 납기
  - $W_{ij}$  :  $J_{ij}$ 에서 납기지연이 발생하는 경우, 단위시간당 연체비용
  - $h_{ij}$  :  $J_{ij}$ 가 작업장내에 입력되어 가공이 완료되기까지의 단위시간당 유지비용
  - [ ] : 그룹과 Job의 위치를 나타내기 위한 부호  
(예,  $J_{i,j}$ 는 스케줄 상의  $i$ 번째 그룹 내에서  $j$ 번째에 위치한 Job)

2.3.2. 수리모형의 설정

그룹준비시간이 그룹의 순서에 따라 상이하다는 것을 고려할 때, 기계  $M_k$ 에서  $r$  번째 그룹  $G_{[r]}$ 의 그룹가공시간은 식(1)과 같이 주어진다.

$$Q_{[r]}^k = S_{[r-1,r]}^k + \sum_{j=1}^{nr} p_{[r,j]}^k \quad (1)$$

또한,  $J_{[i,j]}$ 의  $M_k$ 에서의 가공완료시간  $C_{[i,j]}^k$ 는 식(2)로 된다.

$$C_{[i,j]}^k = \sum_{r=1}^{i-1} (\sum_{v=1}^{nr} \Delta_{[r,v]}^k + Q_{[r]}^k) + S_{[i-1,i]}^k + \sum_{u=1}^j (\Delta_{[i,u]}^k + p_{[i,u]}^k) \quad (2)$$

이때, 식(2)에서  $\Delta_{[i,j]}^k$ 는 기계  $M_k$ 에서  $G_{[i]}$ 의  $j-1$  번째 부품을 가공한 뒤에  $j$  번째 부품의 가공을 시작하기 전까지의 기계유휴시간을 나타낸다.

(1)  $j = 1$  인 경우 (즉, 그룹  $G_{[i]}$ 에서의 첫번째 작업인 경우,  $J_{[i,1]}$ )

$$\Delta_{[i,j]}^k = \begin{cases} C_{[i,1]}^{k-1} - (C_{[i-1,n(i-1)]}^k + S_{[i-1,i]}^k), \\ \quad C_{[i,1]}^{k-1} > C_{[i-1,n(i-1)]}^k + S_{[i-1,i]}^k \\ 0, \text{ 나머지 경우} \end{cases} \quad \text{--- (3)}$$

(2)  $j \neq 1$  인 경우 (즉,  $2 \leq j \leq n_i$ )

$$\Delta_{[i,j]}^k = \begin{cases} C_{[i,j]}^{k-1} - C_{[i,j-1]}^k, \quad C_{[i,j]}^{k-1} > C_{[i,j-1]}^k \\ 0, \text{ 나머지 경우} \end{cases} \quad \text{--- (4)}$$

각 Job의 가공완료시간들 간에는 다음과 같은 관계가 성립한다.

(1)  $j = 1$  인 경우 (즉, 그룹  $G_{[i]}$ 에서의 첫번째 작업인 경우,  $J_{[i,1]}$ )

$$C_{[i,1]}^k = \max[C_{[i,1]}^{k-1}, C_{[i-1,n(i-1)]}^k + S_{[i-1,i]}^k] + p_{[i,1]}^k \quad \text{--- (5)}$$

(2)  $j \neq 1$  인 경우 (즉,  $2 \leq j \leq n_i$ )

$$C_{[i,j]}^k = \max[C_{[i,j]}^{k-1}, C_{[i,j-1]}^k] + p_{[i,j]}^k \quad \text{--- (6)}$$

특히,  $J_{[i,j]}$ 가 작업장에서 빠져나가게 되는, 마지막 기계  $M_k$ 에서의  $J_{[i,j]}$ 의 가공완료시간은 다음 식(7)(8)과 같이 쓸 수 있다.

(1)  $j = 1$  인 경우 (즉, 그룹  $G_{[i]}$ 에서의 첫번째 작업인 경우,  $J_{[i,1]}$ )

$$C_{[i,1]}^k = \max[C_{[i,1]}^{k-1}, C_{[i-1,n(i-1)]}^k + S_{[i-1,i]}^k] + p_{[i,1]}^k \quad \text{--- (7)}$$

(2)  $j \neq 1$  인 경우 (즉,  $2 \leq j \leq n_i$ )

$$C_{[i,j]}^k = \max[C_{[i,j]}^{k-1}, C_{[i,j-1]}^k] + p_{[i,j]}^k \quad \text{--- (8)}$$

이와같이 될 때,  $J_{[i,j]}$ 의 순수납기지연  $T_{[i,j]}$ 는 식(9)와 같게 된다.

$$T_{[i,j]} = \max[0, C_{[i,j]}^k - d_{[i,j]}] \quad \text{--- (9)}$$

본 연구의 목적은, 각 Job에서 납기지연이 발생하는 경우에 부담해야 하는 연체비용과 작업장내에서 그 부품을 유지하는데 소요되는 유지비용의 합을 최소화하는 것이므로 임의의  $J_{[i,j]}$ 에 대해 소요되는 비용은 다음과 같다.

$$Z(J_{[i,j]}) = [W_{[i,j]}T_{[i,j]} + h_{[i,j]}C_{[i,j]}] \quad \text{--- (10)}$$

앞에서 제시한 부호 및 수식들을 이용하여 주어진 문제의 목적함수를 도출하면 다음 식(11)과 같다.

$$\text{minimize } Z = \min_{s \in S} [ \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{n_i} Z(J_{[i,j]}) ] \quad (11)$$

여기서,  $s$  :  $Z$ 를 최소화 하는 그룹스케줄

$S$  :  $M! \prod_{i=1}^M (n_i!)$ 개의 그룹스케줄의 집합이다.

### 3 발견적 스케줄링 기법

다단계 그룹가공 생산시스템에 있어서의 그룹스케줄링에서는 각 그룹들간의 처리순서와 각 그룹내에서의 제 작업간의 처리순서를 어떻게 결정하는가 하는 것이 문제이다. 단일 생산공정에서는 그룹내 순서는 그룹간 순서에 영향을 받고있지 않다는 것을 T. Yoshida와 K. Hitomi의 연구에 의해 알 수 있다.[6] 그러나 다단계 생산시스템에서는 일반적으로 그룹내 순서는 그룹간 순서의 영향을 받고있지 않다고 할 수 없으며, 그룹내 순서와 그룹간 순서를 독립적으로 결정 할 수 없다.

따라서 본 연구에서는 그룹간 순서가 그룹내 순서에 영향을 미친다는 가정 하에서, 그룹간 순서에 따라서 그룹내 순서를 결정하고, 또한 그룹내 순서에 따라서 그룹간 순서를 결정하는 방법으로 모든 그룹과 Job에 반복 적용하여 스케줄링을 실시한다.

그리고, 각 Job의 납기 지연발생 가능성의 상대적 평가척도와 그룹의 납기 지연발생 가능성의 상대적 평가척도는 총처리시간(make-span)의 하한(lower bound : LMLB)을 고려하여 결정하였다.[2] 또한 본 연구에서는 공정순위결정시에 수정가공시간 (revised processing time)을 도입하여, 마지막 기계에서 발생하는 기계유휴시간에 많은 비중을 두도록 하였다.[5]

### 4. 발견적기법의 유효성 평가

본 연구에서 제안하고 있는 모형에 대한 발견적기법의 유효성 평가를 위해 제안하는 발견적기법을 FORTRAN 77으로 프로그래밍하고 IBM PC를 이용하여, 다음과 같이 구성된 문제에 대해 각각 1,000개의 랜덤스케줄을 만들어 얻은 해와 제안된 발견적기법으로 얻은 해를 비교하여 평가하였다.

#### 4.1 랜덤 스케줄을 이용한 평가

제안된 발견적 기법의 유효성을 평가하기 위해 다음과 같은 방법으로 문제를 만들어서 시뮬레이션(Simulation)을 실시하였다. 시뮬레이션을 위한 문제는 기계(공정 또는 단계)의 수를 3에서 5까지 변화시키며, 각각 3,4,5개의 그룹을 갖고 그룹당 Job의 수가 3에서 9까지 되도록 만들었다. 그리고 각 그룹의 준비시간, 각 부품의 가공시간, 연체비용, 유지비용은 모두 1에서 9사이에서 일양분포(Uniform Distribution)하는 정수값을 갖도록 하였으며, 각 부품의 납기는 그 Job이 첫번째 그룹의 첫번째 Job이라고 할 때의 마지막 기계에서의 처리완료시간과 마지막 그룹의 마지막 Job이라고 할 때의 처리완료시간 사이에서 일양분포하는 정수값을 갖도록 하였다.

시험한 문제는 각 경우에서 1문제씩 모두 63개이며, 각각의 문제에 대해서 본 논문에서 제안하는 발견적기법으로 얻은 해와 1,000개의 랜덤 스케줄로 얻은 해를 비교하였다.

#### 4.2 시뮬레이션 결과 및 분석

##### 4.2.1 우수해 발생빈도에 따른 평가

본 논문에서 제안된 발견적기법의 유효성을 평가하기 위하여 각 문제에 대해, 발견적기법으로

얻은 해의 목적함수값이 1,000개의 랜덤스케줄에서 얻은 해의 목적함수값보다 더 적게 나타나는 경우의 발생빈도를 고려하였다. 표 3은 시뮬레이션의 결과를 기초로하여, 발견적기법의 우수해 발생빈도를 8개 구간으로 나누어 각각에 해당하는 발생빈도를 갖는 문제수를 나타내었다.

표 3. 발견적기법의 우수해 발생빈도에 따른 평가

발생 빈도 (%)	문 제 수	문제수의 비율(%)	누적비율(%)
100.00	21	33.33	33.33
99.99 - 90.00	27	42.86	76.19
89.99 - 80.00	3	4.76	80.95
79.99 - 70.00	3	4.76	85.71
69.99 - 60.00	6	9.52	95.23
59.99 - 50.00	1	1.59	96.82
49.99 - 40.00	2	3.18	100.00
40.00 미만	0	0.00	-
총 계	63	100.00	-

표 3을 보면 시험한 총 63개 문제중에서 33.33% 인 21개 문제에서 100%의 발생빈도로 랜덤스케줄보다 우수한 근사최적해를 얻을 수 있었고, 80.95%에 해당하는 51개의 문제에서 80% 이상의 우수해 발생빈도를 나타내고 있으며, 또한 평균적으로는 총 63개의 문제에서 91.66%의 비교적 높은 발생빈도로 발견적기법에 의한 근사최적해가 랜덤스케줄의 해보다 우수하였다.

#### 4.2.2 발생빈도의 분산분석 (ANOVA)

시뮬레이션을 실시하는 과정에서 문제를 구성하는데 있어서 주요 요인이 된 그룹수, 그룹내 Job 수, 단계(기계)수와 그 문제에 대해 발견적기법으로 얻은 근사최적해 사이에 어떠한 관계가 있는가를 알아보기 위해서 그룹수, 그룹내 Job수, 공정수의 조합에 따른 우수해 발생빈도를 표 4에 나타내었고, 표 4를 자료로 하고 SPSS Package를 이용하여 분산분석을 실시한 결과를 표 5에 나타내었다.

표 4. 그룹수, 그룹내 Job수, 단계수에 따른 우수해 발생빈도

그 룽 수 = 3								
Job 수		3	4	5	6	7	8	9
단 계 수	3	61.80	84.90	68.30	100.00	96.00	100.00	100.00
	4	98.20	96.50	98.50	100.00	91.80	54.10	100.00
	5	61.40	96.40	93.40	100.00	96.10	99.90	100.00
그 룽 수 = 4								
Job 수		3	4	5	6	7	8	9
단 계 수	3	69.00	99.80	78.50	99.50	100.00	100.00	100.00
	4	76.50	83.10	97.20	98.10	100.00	99.40	100.00
	5	99.90	49.50	100.00	63.70	100.00	96.90	99.70
그 룽 수 = 5								
Job 수		3	4	5	6	7	8	9
단 계 수	3	95.40	99.30	78.10	49.50	92.50	100.00	99.50
	4	100.00	98.30	100.00	100.00	99.60	100.00	69.40
	5	89.40	100.00	96.40	99.20	99.90	100.00	99.90

표 5. 분산분석표 (ANOVA)

Source of variation	Sum of Square	DF	Mean of Square	F
Group	127.753	2	63.876	0.291
Job	1249.408	6	208.235	0.948
Machine	207.224	2	103.612	0.472
Group X Job	2519.205	12	209.934	0.955
Group X Machine	443.870	4	110.968	0.505
Job X Machine	2581.120	12	215.093	0.979
Error	5273.972	24	219.749	
Total	12402.553	62	200.041	

표 5.의 분산분석결과를 보면 문제구성의 주요 요인중의 어느 요인도 우수해 발생빈도에 유의한 영향을 미치지 않고 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 본 논문에서 제안하고 있는 발견적기법의 우수해



발생빈도는 문제를 구성하는 그룹수, 그룹내 Job수, 기계수에 아무런 영향을 받고 있지 않다고 할 수 있으므로, 문제의 구성에 무관하게 비교적 우수한 해를 발생시킬 수 있다는 것을 쉽게 알 수 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 GT의 개념을 도입한 다단계 그룹가공 생산시스템에서 그룹 준비시간이 그룹의 순서에 종속적으로 변화하는 경우, 납기지연에 따른 총연체비용과 작업장 내에서 부품을 유지되는 동안에 발생하는 총 유지비용의 합을 최소화하는 그룹스케줄링 모형을 설정하고, 그 모형에 대해서 분석 및 고찰을 하였다.

그리고 그 문제에 대해 비교적 우수한 해를 구할 수 있는 발견적기법을 개발하고, 그 유효성을 평가하기 위해 랜덤스케줄과 비교 하였다. 분석한 결과 총 63개 문제에 대하여, 발견적기법에 의한 해가 각 문제당 1,000개의 랜덤스케줄에 의해 구한 해보다 평균 91.66%로 우수한 발생빈도를 나타내고 있음을 알 수 있었다. 또한 우수해의 발생빈도는 문제를 구성하는 요인들에 무관하게 비교적 우수한 해를 발생시킬 수 있다는 것도 발견할 수 있었다.

앞으로는 본 연구와 유사한 모형에서 보다 효율적인 해를 발생시킬 수 있는 기법이 연구되어야 하겠고, 또한 생산 과정에서 발생할 수 있는 다른 여러가지 비용요소들을 고려한 새로운 최적화 기준을 도입하여 문제를 구성하고 우수한 해를 산출할 수 있는 기법을 연구 하므로써, 보다 효율적이고 생산적인 생산활동이 이루어질 수 있기를 바란다.

## 參 考 文 獻

1. K.R. Baker, "Introduction To Sequencing and Scheduling", Wiley, New York, 1974.
2. K.R. Baker, "A comparative Study of flow-shop algorithms.", *Operations Research*, Vol 1.23, No.1, PP62 - 73, 1975.
3. L. Gelders and N. Sanbandam, "Four simple Heuristics for scheduling a flow-shop.", *International Journal of Production Research*, Vol.16, No.3, PP221 - 231, 1978.
4. J.N.D. Gupta and R. Dudeck, "Optimality Criteria for flow-shop schedules.", *AIE Transactions*, Vol.III, No.3, PP199 - 205.
5. J.R. King and A.S. Spachis, "Heuristics for flow-shop scheduling.", *International Journal of Production Research*, Vol.18, No.3, PP345 - 357, 1980.
6. T. Yoshida, K. Hitomi, "Optimizatoin of Group Scheduling For Single Stage Production With Dependent Set-up Time.", *Transaction of Japan Society of Mechanical Engineers*, Vol.42, No.361, PP2964 - 2973, 1976.
7. T. Yoshida, N. Nakamura, K. Hitomi, "Optimization of Group Scheduling For Single-Stage Production.", *Transaction of Japan Society of Mechanical Engineers*, Vol.39, PP 1993 - 2003, 1973.
8. C.R. Wollam and N. Sanbandam, "Flow-Shop Sequencing Solved For Holding, Tardiness Cost." *Industrial Engineering* Vol.16, No.6, PP18 - 21, 1984.